

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-152779

(43)Date of publication of application : 24.05.2002

(51)Int.Cl.

H04N 13/02
G01B 11/245
G01C 3/06
G03B 15/00
G03B 17/12
G03B 17/38
G03B 17/48
G03B 19/02
G03B 19/07
G03B 35/18
G06T 1/00
G06T 7/00
H04N 5/225

(21)Application number : 2000-343695

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 10.11.2000

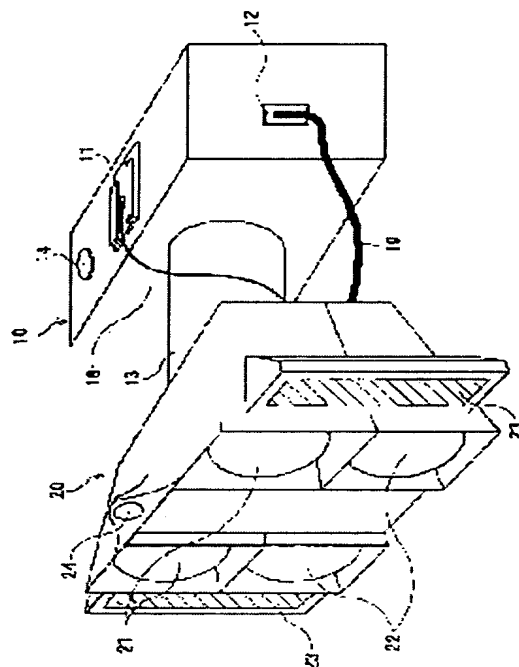
(72)Inventor : KAKIUCHI SHINICHI
SEO SHUZO
TANI NOBUHIRO
YAMAMOTO KIYOSHI

(54) THREE-DIMENSIONAL IMAGE DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To speedily and easily search the correspondent point of a stereo image.

SOLUTION: A stereo adapter 20 is mounted on a lens-barrel part 13 of a digital camera 10. In the digital camera 10, the stereo image through a stereo lens 21 for two-dimensional(2D) image of the stereo adapter is picked up. A stereo lens 22 for 3D image having the same inter-lens distance is provided on the downside of the stereo lens 21 for 2D image. Range finding light is radiated from a light source device 23 and reflected light thereof is received by a CCD provided inside the stereo adapter 20 through the stereo lens 22 for 3D image so that the 3D image of a pixel value corresponding to a distance to an object can be detected. The coordinate values of the object are found from the 3D image and on the basis of these values, the correspondent point in the stereo image picked up by the digital camera 10 is searched. The detecting operation of the 3D image is synchronized to a trigger signal from a hot shoe 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-152779

(P2002-152779A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002. 5. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 4 N 13/02		H 0 4 N 13/02	2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/245		G 0 1 C 3/06	V 2 F 1 1 2
G 0 1 C 3/06			Z 2 H 0 2 0
		G 0 3 B 15/00	U 2 H 0 5 4
G 0 3 B 15/00			R 2 H 0 5 9
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-343695 (P2000-343695)

(22) 出願日 平成12年11月10日 (2000. 11. 10)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 垣内 伸一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光
学工業株式会社内

(72) 発明者 瀬尾 修三

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光
学工業株式会社内

(74) 代理人 100090169

弁理士 松浦 幸

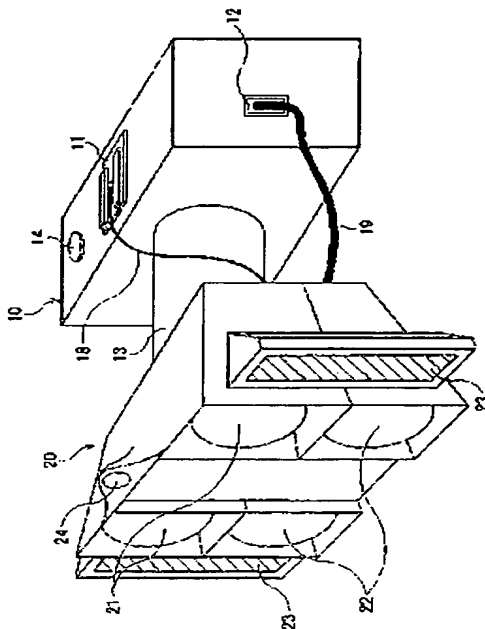
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元画像検出装置

(57) 【要約】

【課題】 ステレオ画像の対応点の探索を迅速かつ簡略にする。

【解決手段】 デジタルカメラ10の鏡筒部13に、ステレオアダプタ20を装着する。デジタルカメラ10では、ステレオアダプタ20の2次元画像用ステレオレンズ21を介してのステレオ画像を撮像する。2次元画像用ステレオレンズ21の下側に同一のレンズ間距離を持つ3次元画像用ステレオレンズ22を設ける。光源装置23から測距光を照射し、その反射光を3次元画像用ステレオレンズ22を介してステレオアダプタ20内に設けられたCCDで受光することにより、画素値が被写体までの距離に対応する3次元画像を検出する。3次元画像から被写体の座標値を求め、これに基づきデジタルカメラ10で撮像されたステレオ画像における対応点の探索を行う。3次元画像の検出動作をホットシュー11からのトリガ信号に同期させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画素値が被写体までの距離に対応する3次元画像を検出可能な距離測定手段と、

通常の視覚的な画像である2次元画像のステレオ画像を撮像するための2次元画像用ステレオ光学系と、

前記2次元画像用ステレオ光学系を用いて撮像された2次元画像のステレオ画像における対応点の探索を、前記3次元画像に基づいて行うための対応点探索手段とを備えることを特徴とする3次元画像検出装置。

【請求項2】 前記3次元画像をステレオ画像として撮像するための3次元画像用ステレオ光学系を備えることを特徴とする請求項1に記載の3次元画像検出装置。

【請求項3】 前記対応点探索手段が、前記3次元画像用ステレオ光学系を用いて撮像された3次元画像のステレオ画像において画素間の対応関係を求めることを特徴とする請求項2に記載の3次元画像検出装置。

【請求項4】 前記3次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係が前記3次元画像から算出される3次元座標値に基づいて行われることを特徴とする請求項3に記載の3次元画像検出装置。

【請求項5】 前記2次元画像用ステレオ光学系をカメラの光学系と接続するための接続部を備えることを特徴とする請求項1に記載の3次元画像検出装置。

【請求項6】 前記接続部が、カメラのレンズ鏡筒先端開口部に設けられたネジマウントに装着されるネジマウントであることを特徴とする請求項5に記載の3次元画像検出装置。

【請求項7】 カメラのホットシューから出力される外部トリガ信号を検知するための外部トリガ入力手段を備え、前記距離測定手段の駆動が前記外部トリガ信号に基づいて制御されることを特徴とする請求項1に記載の3次元画像検出装置。

【請求項8】 ストロボ光を受光トリガ信号として検知するためのストロボ光検知手段を備え、前記距離測定手段の駆動が前記受光トリガ信号に基づいて制御されることを特徴とする請求項1に記載の3次元画像検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステレオ画像及び光伝播時間測定法を用いて被計測物体の3次元形状等を検出する3次元画像検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ステレオ画像を用いた写真測量では、計測物体を2つの異なる視点から撮影し、撮影された2枚の画像の視差を利用して計測点までの距離を三角測量の原理に基づいて計測する。このとき2枚の画像のエピボラ・ライン上で対応点を探索する必要がある。従来、エピボラ・ライン上の対応点の探索は、例えば撮影されたステレオ画像に画像処理を施して特徴点を抽出し、これらの特徴点の間で対応関係を求めることにより行わ

れている。

【0003】一方、光伝播時間測定法を用いた測量としては、測距光を計測物体に照射し、その反射光を所定のタイミングでCCDなどの撮像素子で受光・検出することにより、計測物体までの距離を画素毎に検出可能な3次元画像検出装置が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、ステレオ画像を用いる写真測量では、例えば被写体に模様がなく、その形状が平坦であるときなど特徴点の抽出が困難な場合や、視差が大きく2枚の画像が共有する領域が少ないときなどには、両画像間における対応付けが困難となる。これに対し、上記3次元画像検出装置を用いた測距方法では、各画素の画素値が対応する計測物体までの距離に直接対応しているため、ステレオ画像を用いたときのような対応付けの問題は生じない。しかし、この方法では必ずしも計測精度を十分に得られないという問題がある。

【0005】本発明は、ステレオ画像における対応点探索処理を高速かつ簡略にするための3次元画像検出装置を得ることを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の3次元画像検出装置は、画素値が被写体までの距離に対応する3次元画像を検出可能な距離測定手段と、通常の視覚的な画像である2次元画像のステレオ画像を撮像するための2次元画像用ステレオ光学系と、2次元画像用ステレオ光学系を用いて撮像された2次元画像のステレオ画像における対応点の探索を、距離測定手段により検出された3次元画像に基づいて行うための対応点探索手段とを備えることを特徴としている。

【0007】また、3次元画像検出装置は、3次元画像をステレオ画像として撮像するための3次元画像用ステレオ光学系を備えることが好ましい。また、このとき対応点探索手段は、3次元画像用ステレオ光学系を用いて撮像された3次元画像のステレオ画像において画素間の対応関係を求めることが好ましく、3次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係は、3次元画像から算出される3次元座標値に基づいて行われることが好ましい。これにより、簡略かつ高速に3次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係が求められ、この対応関係に基づいて2次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係がより簡略かつ高速に求められる。また、3次元画像のステレオ画像から2次元画像のステレオ画像への対応がより直接的に求められることから、2次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係も、より簡略、高速かつ高い精度で求めることができる。

【0008】3次元画像検出装置は、2次元画像用ステレオ光学系をカメラの光学系と接続するための接続部を備えることが好ましい。この接続部により2次元画像用

ステレオ光学系とカメラの光学系とが接続されることにより、カメラにおいて2次元画像のステレオ画像の撮像が可能となり、3次元画像検出装置を既存のカメラに着脱自在なステレオアダプタ型とすることができる。このとき接続部は、カメラのレンズ鏡筒先端開口部に設けられたネジマウントに装着されるネジマウントであることが好ましい。これにより既存のカメラに変更を加えることなく簡単にステレオアダプタ型の3次元画像検出装置を装着することができる。

【0009】また、3次元画像検出装置は、例えばカメラのホットシューから出力される外部トリガ信号を検知するための外部トリガ入力手段を備え、距離測定手段の駆動が、この外部トリガ信号に基づいて制御される。あるいは、3次元画像検出装置は、ストロボ光を受光トリガ信号として検知するためのストロボ光検知手段を備え、距離測定手段の駆動が受光トリガ信号に基づいて制御される。これにより、既存のカメラに変更を加えることなく、カメラでの2次元画像の撮像動作と、3次元画像検出装置における3次元画像の検出動作を同期させて行うことが可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態であるステレオアダプタ型の3次元画像検出装置を従来型のデジタルカメラに装着したときの状態を模式的に示す斜視図である。図1を参照して本実施形態において用いられるステレオアダプタ型の3次元画像検出装置について説明する。

【0011】デジタルカメラ10は従来型のデジタルカメラであり、デジタルカメラ10の上面にはホットシュー11及びリリーススイッチ14が設けられ、側面にはインターフェースケーブルを接続するためのオプションコネクタ12、例えばUSB、が設けられている。デジタルカメラ10の鏡筒13の先端にはステレオアダプタ型の3次元画像検出装置（以下ステレオアダプタと呼ぶ）20が装着されている。ステレオアダプタ20の鏡筒13への装着には、例えば鏡筒13の先端開口部に形成され、例えばフィルタやフード等を取り付けるために利用されるネジマウントが用いられる。

【0012】ステレオアダプタ20の前面には上下2段にそれぞれ一対のステレオ撮影用のレンズが設けられている。上段に設けられた一対のレンズ21は、デジタルカメラの光軸を二分し、視差のある通常のステレオ画像をデジタルカメラ10に設けられたCCDにおいて撮像するための2次元画像用ステレオレンズである。一方、下段に設けられた一対のレンズ22は、後述する3次元画像のステレオ画像を撮像するための3次元画像用ステレオレンズである。ステレオアダプタ20の両側面には、測距用の赤外レーザ光を拡散して照射するため光源装置23が設けられている。また、ステレオアダプタ2

0の上面中央には、フラッシュライトの反射光を検出する受光トリガ検出装置24が設けられている。なお、3次元画像用ステレオレンズ22におけるレンズ間の距離は、2次元画像用ステレオレンズ21におけるレンズ間の距離に等しい。

【0013】ステレオアダプタ20の裏面には外部トリガ用ケーブル18及びインターフェースケーブル19の一方の端が接続されており、ケーブル18、19のもう一方の端はホットシュー11及びオプションコネクタ12にそれぞれ接続されている。なお、図1において、デジタルカメラ10には、ホットシュー11、オプションコネクタ12及び鏡筒13のみが図示されており、その他の部分に関しては省略されている。

【0014】図2、図3(a)、(b)は、本実施形態におけるステレオアダプタ20の光学系の構造を概略示す図である。図2は、2次元画像用ステレオレンズ21（21a及び21b）に係る光学系（2次元画像用ステレオ光学系）の構造を示し、図3(a)、(b)は3次元画像用ステレオレンズ22（22a及び22b）に関する光学系の構造を示す。

【0015】ステレオアダプタ20の光学系はデジタルカメラの光軸Lに關し左右対称である。2次元ステレオ画像の左側画像を撮像するための2次元画像用ステレオレンズ21aから入射した光は、光軸Laに沿ってデジタルカメラ10内に搭載されたCCD50の右半分の領域に投影される。一方、2次元ステレオ画像の右側画像を撮像するための2次元画像用ステレオレンズ21bから入射した光は、光軸Lbに沿ってCCD50の左半分の領域に投影される。

【0016】すなわち、2次元画像用ステレオレンズ21aにおいて光軸Lに平行な光軸Laは、この軸に対し45°傾けられて配置された反射ミラー25aにより光軸Lに向けて90°屈曲される。反射ミラー25aにより屈曲された光軸Laは、この軸に対して傾けられて配置された反射ミラー26aによりCCD50の方向へ屈曲される。反射ミラー26aにより屈曲された光軸Laは、デジタルカメラ10の撮像レンズ51を介しCCD50の右側の受光面に達する。一方、2次元画像用ステレオレンズ21bにおいて光軸Lに平行な光軸Lbは、この軸に対し45°傾けられて配置された反射ミラー25bにより光軸Lに向けて90°屈曲される。反射ミラー25bにより屈曲された光軸Lbは、この軸に対して傾けられて配置された反射ミラー26bによりCCD50の方向へ屈曲される。反射ミラー26bにより屈曲された光軸Lbは、デジタルカメラ10の撮像レンズ51を介しCCD50の左側の受光面に達する。

【0017】上述したように、図3(a)、(b)は、ステレオアダプタ20のうち、3次元画像用ステレオレンズ22（22a及び22b）に関する光学系の構造を模式的に示す図であり、図3(a)は、ステレオアダプ

タ20を上方から見たときの模式図であり、図3(b)は、正面から見たときの模式図である。

【0018】3次元ステレオ画像の左側画像を撮影するための3次元画像用ステレオレンズ22aから入射した光は、光軸L'a'に沿ってステレオアダプタ20の底部28に搭載されたCCD27の左半分の領域に投影される。一方、3次元ステレオ画像の右側画像を撮影するための3次元画像用ステレオレンズ22bから入射した光は、光軸L'b'に沿ってCCD27の右半分の領域に投影される。

【0019】すなわち、3次元画像用ステレオレンズ22aにおいて、デジタルカメラ10の光軸Lに平行な光軸L'a'は、この軸に対し45°傾けられて配置された反射ミラー29aによりレンズ30a方向へ90°屈曲される。反射ミラー29aにより屈曲された光軸L'a'はレンズ30aの中心を通過して、この光軸に対して45°傾けられて配置された反射ミラー31aによりCCD27の方向へ90°屈曲され、ステレオアダプタ20の底部28に設置されたCCD27の左側の受光面に達する。一方、3次元画像用ステレオレンズ22bにおいて光軸Lに平行な光軸L'b'は、この軸に対し45°傾けられて配置された反射ミラー29bによりレンズ30b方向へ90°屈曲され、反射ミラー29bにより屈曲された光軸L'b'はレンズ30bの中心を通過して、この光軸に対して45°傾けて配置された反射ミラー31bによりCCD27の方向へ90°屈曲される。その後光軸L'b'は、ステレオアダプタ20の底部28に設置されたCCD27の右側の受光面に達する。

【0020】図4は、図1～図3に示されたステレオアダプタ20の回路構成を概略示すブロック図である。図4を参照して本実施形態のステレオアダプタ型の3次元画像検出装置について説明する。なお、図4における撮像光学系の構成は模式的なものである。

【0021】本実施形態のステレオアダプタ20には、デジタルカメラ10のホットシュー11からの信号をトリガとしてCCD27を用いた3次元画像の撮影を行う外部トリガモードと、デジタルカメラ10のストロボ（図示せず）の発光をフォトダイオード(PD)24で検知し、これをトリガとして3次元画像の撮影を行う受光トリガモードとがある。図4では、ホットシュー11に外部トリガ用ケーブル18を接続したときの構成が示されている。

【0022】外部トリガモードに設定されているとき、デジタルカメラ10のリリーススイッチ14が押され、ホットシュー11からストロボ発光のためのトリガ信号が出力されると、ホットシュー11から出力されたトリガ信号はホットシュー11及びコネクタ70に接続された外部トリガ用ケーブル18を介してステレオアダプタ20の外部トリガ入力回路61に入力される。その後、

外部トリガ入力回路61からトリガ信号が、システムコ

ントロール回路60へ出力される。外部トリガ入力回路61からのトリガ信号がシステムコントロール回路60に入力されると、システムコントロール回路60は発光素子制御回路62及びCCD駆動回路63を制御して、3次元画像に対するステレオ画像の撮像を開始する。すなわち、発光素子23aと照明用レンズ23bとからなる発光装置23では、赤外レーザダイオードなどの発光素子23aが発光素子駆動制御回路62の制御信号に基づいてパルス状の測距光を照射し、赤外領域の測距光が照明用レンズ23bを介して被写体の全体に照射される。また、CCD27では、CCD駆動回路63からのCCD駆動信号に基づいて、発光装置23の発光に合わせた電荷の蓄積及び電荷の読み出し動作が行われる。

【0023】CCD27から読み出された電荷信号、すなわち画像信号はアンプ64において増幅され、A/D変換器65においてアナログ信号からデジタル信号に変換される。デジタルの画像信号は、撮像信号処理回路66においてガンマ補正等の処理を施され、画像メモリ67に一時的に格納される。その後画像信号は画像メモリ67から読み出され、システムコントロール回路60、インターフェース回路68及びコネクタ69に接続されたインターフェースケーブル19を介してデジタルカメラ10に出力され、デジタルカメラ10の画像メモリや、メモ리카ード等の記録媒体に記録される。

【0024】モードが受光トリガモードに設定されているときには、受光トリガ検出回路73に接続されたフォトダイオード(PD)24においてカメラ本体に内蔵または装着されたストロボから照射されたストロボ光が検出され、トリガ信号としてシステムコントロール回路60に入力される。このときシステムコントロール回路60では、外部トリガモードのときと同様に、発光素子制御回路62及びCCD駆動回路63を制御して、3次元画像に対するステレオ画像の撮像を開始する。なお、受光トリガモードは、ステレオアダプタ20を例えばカメラボディにストロボが一体的に装着され、ホットシューを備えないデジタルカメラとともに用いるときや、2次元画像の撮影にストロボ光が必要なためストロボをホットシューに取り付けているときなど、ホットシューに外部トリガ用ケーブルを接続できないときに利用される。

【0025】なお、システムコントロール回路60には、液晶等からなる表示素子71及び、外部トリガモードと受光トリガモードとの間の切換を行うためのモード切換スイッチ72も接続されている。また、ステレオアダプタ20はネジマウント32を、デジタルカメラ10のレンズ鏡筒13に設けられたネジマウント15に装着することにより接続される。

【0026】図5、図6は、本実施形態のステレオアダプタ20において実行されるプログラムのフローチャートである。図5、図6を参照して本実施形態のステレオアダプタ型の3次元画像検出装置において実行される3

次元画像の検出動作について説明する。

【0027】まず、ステップ101において、ステレオアダプタ20の電源スイッチがオン状態にあるか否かが判定され、電源スイッチがオン状態に設定されるまでステップ101が繰り返し実行される。ステップ101において電源スイッチがオン状態にあると判定されるとステップ102において、接続されたデジタルカメラ10のモードがPC通信モードに設定されているか否かが判定される。PC通信モードは、従来のデジタルカメラに設けられた1つのモードであり、デジタルカメラとコンピュータ本体10と間をオプションコネクタ12に接続されたインターフェースケーブルを介して接続し、データ通信を行うためのモードである。ステップ102では、インターフェース回路68を介してデジタルカメラ10のシステムコントロール回路との通信を行い、デジタルカメラがPC通信モードに設定されているか否かが判定される。

【0028】ステップ102においてデジタルカメラ10がPC通信モードに設定されていると判定されると、ステップ106において画像メモリ67に記憶された画像データ等のデータがインターフェース回路68を介してデジタルカメラ10に転送される。ステップ107では、画像メモリ67に記憶されている画像データの転送が終了したか否かが判定される。画像データの転送が終了していないときにはステップ106に戻り、再び画像データの転送動作が実行される。画像データの転送が終了すると処理はステップ103へ移る。

【0029】ステップ103では、ステレオアダプタ20のモード切換スイッチ72が受光トリガモードに設定されているか否かが判定される。モード切換スイッチ72が受光トリガモードに設定されていると判定されると、ステップ108において、ストロボ光がフォトダイオード24で受光されたかが判定される。フォトダイオード24でのストロボ光の受光検知動作は、ストロボ光が受光されるまで繰り返し行われる。すなわち、ストロボ光による受光トリガ信号を受信するための待機状態となる。フォトダイオード24においてストロボ光が受光されると処理はステップ109へ移る。なお、このときデジタルカメラ10では、CCD50により通常の画像（例えばカラー画像）からなるステレオ画像が撮像される。このステレオ画像は、デジタルカメラ10内に設けられたメモリなどの記録媒体に記録される。

【0030】一方、ステップ103において、モード切換スイッチ72が受光トリガモードに設定されていないと判定されると、処理はステップ104へ移り、モード切換スイッチ72の設定が、外部トリガモードであるか否かが判定される。モード切換スイッチ72の設定が外部トリガモードでないときには、処理はステップ101へ戻り、再び上述のステップが繰り返し実行される。一方、モード切換スイッチ72の設定が外部トリガモード

であると判定されると、処理はステップ105へ移る。

【0031】ステップ105では、デジタルカメラ10のトリガシュー11からの外部トリガ信号が外部トリガ入力回路に入力されたか否かが判定される。ステップ105の判定動作は、外部トリガ入力回路61に外部トリガ信号が入力されるまで繰り返される。外部トリガ信号がステップ105において、外部トリガ入力回路61に入力されると判定されると処理はステップ109へ移る。なお、このときデジタルカメラ10では、ステップ108においてストロボ光がフォトダイオード24で受光されたときのように通常のステレオ画像がCCD50において撮像され、デジタルカメラ10内に設けられたメモリなどの記録媒体に記録される。

【0032】ステップ109では、測距光を照射するための発光装置23を用いた発光制御がオン状態に定められる。すなわち発光素子制御回路62による発光素子23aの駆動が開始される。ステップ200では、測距光の照射タイミングに合わせたCCD27の駆動が開始され、被写体までの距離に対応した信号電荷を画素毎に画像データとして検出する。すなわち、CCD駆動回路63によるCCD27の駆動を開始し3次元画像を検出する。なお、本実施形態では、大きな信号出力を得るために、パルス状の測距光が断続的に繰り返し被写体に照射され、この測距光の照射に合わせてCCD27における信号電荷の蓄積動作が制御される。すなわち、後に図7、図8を参照して説明される距離測定の実理が、例えば1フィールド期間に渡り繰り返し実行される。繰り返し実行される距離測定動作の各々において検出される信号電荷はCCD27の垂直転送部（図示せず）において積分され、これにより大きな信号出力が得られる。

【0033】ステップ201では、ステップ109においてオン状態に定められた発光装置23に対する発光制御がオフ状態に定められ、ステップ200において実行された距離測定動作が終了する。ステップ202では、検出された3次元画像の画素値（画像データ）に基づいて演算処理が行われ、被写体までの距離データが画素毎に算出されるとともに、各画素に対応する被写体の座標データが算出される。なお、ステップ200での距離測定（3次元画像検出）動作及びステップ202の距離データ、座標データの算出方法に関しては後述する。また、上記距離データ及び座標データの算出は、左右のステレオ画像毎に行われる。すなわち、左右のステレオ画像にそれぞれに対応するCCD28の撮像面の右側領域、左側領域毎に行われる。

【0034】ステップ203では、ステップ200でステレオ画像として撮像された左側画像と右側画像との間において、各画素間の対応関係が画素対応データとして求められる。すなわち、被写体のある点を、右側画像に投影したときの画素と、左側画像に投影したときの画素との間の対応が、ステップ202において各画素毎に算

出された被写体の座標データに基づいて求められる。

【0035】ステップ204では、ステップ201において検出された3次元画像に画像圧縮処理が施される。ステップ205では、画像圧縮処理を施された3次元画像、ステップ202において算出された距離データや座標データ、ステップ203で求められた左右の画像における画素の対応関係を示す画素対応データが画像メモリ67に記憶される。この後、処理は再びステップ101へ戻り、以上に述べた処理を繰り返し実行する。

【0036】なお、画像メモリ67に記憶された画像データ、距離データ、座標データや画素対応データ等は、ステップ106においてデジタルカメラ10のメモリ等の記録媒体に転送され一時的に記憶される。デジタルカメラ10のメモリに記憶されたこれらのデータは、その後、デジタルカメラ10において撮像されたステレオ画像（2次元画像）の画像データとともにコンピュータに転送される。

【0037】3次元画像による被写体までの距離の測定では、CCD27を極めて高速に駆動しなければならない等の理由から、その精度は必ずしも高くない。また、CCDの高速駆動を実現するには、CCD回路の駆動電圧を低減することが望まれ、このためにはCCDの画素数を減らすことが望まれる。これらのことから、3次元画像の検出には、2次元画像を検出するためのCCD50よりも画素数の少ないCCD27が用いられる。以上*

$$r = \delta \cdot t \cdot C / 2$$

により得られる。ただしCは光速である。

【0040】例えば測距光のパルスの立ち上がりから反射光を検知可能な状態に定め、反射光のパルスが立ち下がる前に検知不可能な状態に切り換えるようにすると、すなわち反射光検知期間Tを設けると、この反射光検知期間Tにおける受光量Aは距離rの関数である。すなわち受光量Aは、距離rが大きくなるほど（時間 $\delta \cdot t$ が大きくなるほど）小さくなる。

【0041】本実施形態における3次元計測では、上述した原理を利用してCCD27に設けられ、2次元的に配列された複数のフォトダイオードにおいてそれぞれ受光量Aを検出することにより行われる。すなわち、各フォトダイオード（各画素）において検出された受光量Aに基づいて、ステレオアダプタ20から被写体Sの表面の各フォトダイオードに対応する点までの距離情報をフォトダイオード（画素）毎に画像信号（3次元画像）として検出し、この画像信号から被写体Sの表面形状を表わす距離データをフォトダイオード（画素）毎に算出する。

【0042】次に図9、図10を参照して、3次元画像により求められた画素対応データから2次元画像の左右*

※のことから、データが転送されたコンピュータでは、まず3次元画像により求められた画素対応データから大きく2次元画像の左右の画像における画素間の対応関係を求め、この対応関係を基礎として左右の2次元画像に対して従来公知のパターンマッチング等を適用する。これにより、より正確な画素間の対応関係が求められ、この対応関係に基づいて被写体の3次元空間における座標値を、従来公知の立体写真測定の原理を用いてより高い精度で算出することが可能となる。なお、3次元画像により求められた画素対応データから2次元画像の左右の画像における画素間の対応関係を求める方法に関しては後述する。

【0038】次に図7、図8を参照して本実施形態のステレオアダプタ20において実行される距離測定動作（3次元画像検出動作）の原理について説明する。なお、図8において箭軸は時間である。

【0039】距離測定装置Bから出力された測距光は被写体Sにおいて反射し、図示しないCCDによって受光される。測距光は所定のパルス幅Hを有するパルス状の光であり、したがって被写体Sからの反射光も、同じパルス幅Hを有するパルス状の光である。また反射光のパルスの立ち上がりは、測距光のパルスの立ち上がりよりも時間 $\delta \cdot t$ （ δ は遅延係数）だけ遅れる。測距光と反射光は距離測定装置Bと被写体Sの間の2倍の距離rを

$$\dots (1)$$

※の画像における画素間の対応関係を求める方法に関して説明する。

【0043】図9は、ステレオ画像を用いた従来の距離測定の原理を模式的に表している。点 O_L 、点 O_R は、それぞれ左側画像（左側投影面） S_L 及び右側画像（右側投影面） S_R の視点であり、半直線 L_L 、 L_R は視点 O_L 、 O_R をそれぞれ通り、互いに平行な光軸である。2つの光軸 L_L 、 L_R の距離hは、視点 O_L 、 O_R を結ぶ基線の長さ（基線長）に対応する。被写体S上の任意の点を代表する点Pは、画像 S_L 、 S_R においてそれぞれ点 P_L 、点 P_R に投影される。点 P_L 、点 P_R を通る直線 L_{PL} 、 L_{PR} は、2つの視点 O_L 、 O_R と被写体上の点Pとで定義されるエピポーラ面と、画像 S_L 、 S_R とが交わるエピポーラ線である。被写体上の点Pの位置を、視点 O_L を座標原点とした3次元座標系XYZで表し、画像 S_L 、 S_R への点Pの投影点 P_L 、 P_R の位置をそれぞれ2次元の写真座標系 X_L 、 Y_L 、及び写真座標系 X_R 、 Y_R で表すとき、点Pの3次元座標値（x, y, z）は、点 P_L の座標値（ x_L , y_L ）及び点 P_R の座標値（ x_R , y_R ）を用いて、

$$x = x_L \cdot h / (x_L - x_R) \quad \dots (2)$$

$$y = y_L \cdot h / (x_L - x_R) \quad \dots (3)$$

$$z = f \cdot h / (x_L - x_R) \quad \dots (4)$$

のように求められる。なお、 f は焦点距離であり、視点 O_L 、 O_R と画像 S_L 、 S_R との間の距離に対応する。また、座標系 $X'Y'Z'$ は、光軸 L が Z' 軸として採られ、 X' 軸が視点 O_L から視点 O_R の方向へ採られた左手系座標系である。左右の画像上に設けられた写真座標系 X_LY_L 、及び写真座標系 X_RY_R の原点は、各画像を貫く光軸 L_L 、 L_R 上にそれぞれあり、 X_L 軸、 X_R 軸は X 軸に、 Y_L 軸、 Y_R 軸は Y 軸にそれぞれ平行に採られている。なお、図9において、左側投影面に対応する左側画像 S_L と右側投影面に対応する右側画像 S_R とは、分離した面として描かれているが、本実施形態のように、1つのCCDの撮像面を左右二分して左右の投影面とした場合のように、左右の画像 S_L 、 S_R が隣接していても何ら変わるところはない。

【0044】このように、立体写真測量では、左右の画像の同一のエピポーラ線上において対応する点 P_L 、 P_R を求めることにより被写体の3次元座標が求められる。しかし、左右の画像の視差が大きい場合や、撮像された画像に特徴点が多く見出せないときなどには、従来のように2次元画像のみを用いて上記対応点の探索を行うことは困難となる。

【0045】次に本実施形態における対応点の探索方法について、図10を参照して説明する。図10において、曲線 S は、ステレオ画像として撮像された3次元画像の1つのエピポーラ線に対応する被写体の断面形状を表している。直線 L_{L1} は左側画像のエピポーラ線、直線 L_{R1} は右側画像のエピポーラ線である。また、破線で囲まれた領域は、左右の画像において共通する領域を示したものである。

【0046】エピポーラ線 L_{L1} 、 L_{R1} 上の任意の画素の画素値は、その画素に対応する被写体までの距離に対応しているため、図7、図8を参照して説明した距離測定原理に基づいてその距離が求められる。CCDの各画素と焦点（視点）との位置関係は既知なので、これに基づいて各画素に対応する被写体上の点の3次元座標値が求められる。例えば、左側画像においてエピポーラ線 L_{L1} 上の任意の画素（点） $P_L(x_L, y_L)$ を指定すると、その画素に対応する被写体上の点 P の3次元座標 (x, y, z) が求められる。右側画像では、3次元座標 (x, y, z) に対応する画素 $P_R(x_R, y_R)$ が求められ、これにより、左側画像の任意の点 P_L に対応する右側画像の点 P_R が求められる。CCD27の画素とCCD50の画素との間の対応関係は、各CCDの画素数等の情報から既知なので、上述の3次元画像を用いた方法により求められた左右の画像の画素間の対応関係から、2次元画像における画素間の対応が求められる。また、左右の画像において共通して撮影されている領域（破線で囲まれた領域）も容易に判別できる。なお、本実施形態の2次元画像に対するステレオ画像の撮影では、CCD50の右半分の受光面で左側画像を撮像し、

左半分の受光面で右側画像を撮像している。これに対して、本実施形態の3次元画像に対するステレオ画像の撮像では、左側画像がCCD27の左半分の受光面、右側画像が右半分の受光面で撮像されている。したがって、本実施形態において、CCD27の右半分の画素はCCD50の左半分の画素に対応し、左半分の画素は右半分の画素に対応している。

【0047】なお、本実施形態では、左右の画像におけるエピポーラ線 L_L 、 L_R は、CCDの同一水平ライン上にあるので、左右の写真座標系 (x_L, y_L) 、 (x_R, y_R) において $y_L = y_R$ であり、探索の対象となるのは、 x_L と x_R との間の対応関係のみである。

【0048】以上のように、本実施形態によれば、従来のステレオアダプタに、3次元画像（各画素値が被写体までの距離に対応する画像）をステレオ画像として検出する3次元画像検出装置を搭載することにより、従来のステレオ画像における対応点の探索処理を高速・簡略にすることができる。また、本実施形態のステレオアダプタ型の3次元画像検出装置によれば、通常のデジタルカメラに着脱自在なので、ステレオ写真、又は3次元画像が必要でないときには、デジタルカメラからステレオアダプタを取り外すことができるため、デジタルカメラは通常のデジタルカメラとして利用できる。一方、ステレオアダプタ型の3次元画像検出装置においては、通常の2次元画像を検出するための構成や、ファインダ、リリーススイッチ等の機構を省くことができる。

【0049】更に、本実施形態では、ステレオアダプタにおける距離測定動作（3次元画像検出動作）のトリガ信号として、デジタルカメラに装備されたホットシューからの信号、またはストロボ光を用いているので、既存のデジタルカメラに特別の変更を加えることなく、デジタルカメラの撮影に同期して3次元画像の検出を行うことができる。

【0050】なお、本実施形態では、3次元画像もステレオ画像として撮像した。これにより3次元画像と2次元画像との対応付けが直接的に行えるため、より高速かつ高精度にこれらの対応付けが可能となる。しかし、3次元画像はステレオ画像でなくともよく、例えば、1つの3次元画像から算出された被写体の3次元座標値を、2次元画像の左右の視点を原点とした座標系にそれぞれ変換することにより、2次元画像のステレオ画像における画素間の対応関係を微略求めてもよい。

【0051】また、本実施形態では、3次元画像から算出される3次元座標値を用いてステレオの3次元画像における画素間の対応関係を求めたが、ステレオ画像の画素値に対して直接に従来公知のパターンマッチ処理等を施して、画素間の対応関係を求めてもよい。

【0052】本実施形態において、3次元画像検出装置は、例えば通常のデジタルカメラに装着可能なステレオアダプタに搭載されていたが、ステレオ写真専用のステ

13

レオカメラに一体的に搭載されていてもよい。

【0053】本実施形態において、2次元画像はデジタルカメラにより撮像されたが、2次元のステレオ写真は銀塩フィルムを用いるカメラにより撮影されてもよい。このときには、3次元画像検出用のCCDの各画素と銀塩フィルム上の点との対応が既知であれば本実施形態と同様の方法により左右の銀塩フィルムの対応関係が概略求められる。

【0054】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、ステレオ画像における対応点探索処理を高速かつ簡略にするための3次元画像検出装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるステレオアダプタ型3次元画像検出装置が、従来のデジタルカメラに装着されたときの斜視図である。

【図2】図1に示されたステレオアダプタの撮像光学系のうち、デジタルカメラにおけるステレオ画像の撮影に係る光学系の構造を模式的に示す水平断面図である。

【図3】図1に示されたステレオアダプタの撮像光学系のうち、ステレオアダプタ内に設けられた3次元画像検出用CCDにおいてステレオ画像を撮影するための光学系の構造を模式的に示す水平断面図及び垂直断面図である。

*

14

*【図4】本実施形態のステレオアダプタの回路構成を概略示すブロック図である。

【図5】本実施形態のステレオアダプタにおいて実行されるプログラムフローチャートの前半部である。

【図6】図5に示されたフローチャートの後半部である。

【図7】測距光による距離測定の実理を説明するための図である。

【図8】測距光、反射光、ゲートパルス、及びCCDが受光する光量分布を示す図である。

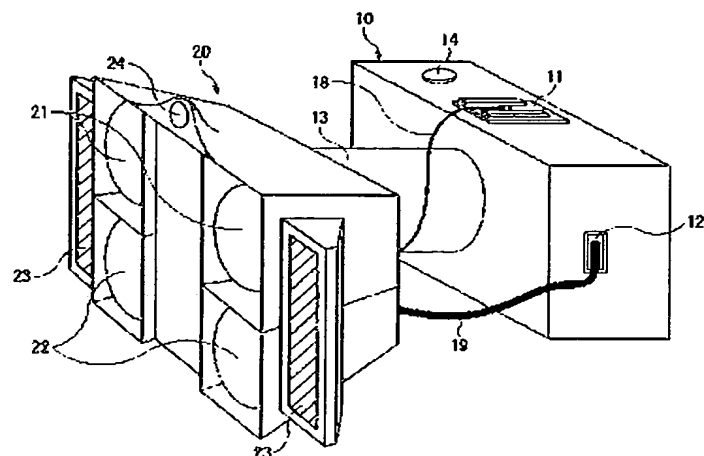
【図9】ステレオ画像を用いた立体写真測定の原理を説明するための図である。

【図10】本実施形態において、ステレオ画像として撮像された左右の3次元画像の間において画素間の対応を求めるための原理を説明するための図である。

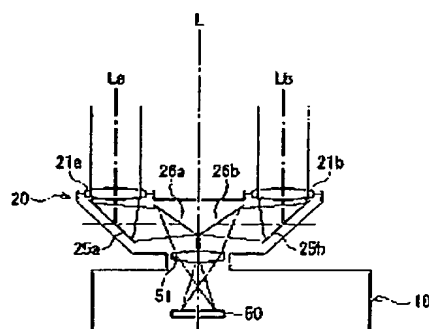
【符号の説明】

- 10 デジタルカメラ
- 13 鏡筒
- 20 ステレオアダプタ
- 21 2次元画像用ステレオレンズ
- 22 3次元画像用ステレオレンズ
- 23 光源装置
- 27、50 CCD

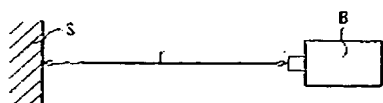
【図1】



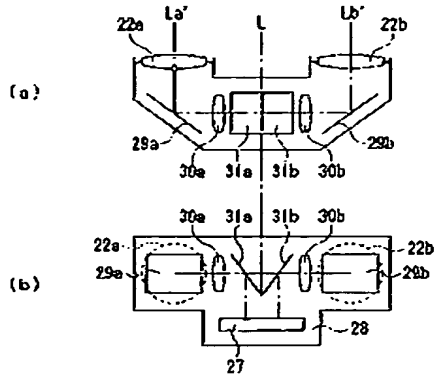
【図2】



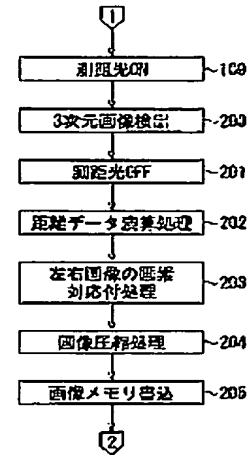
【図7】



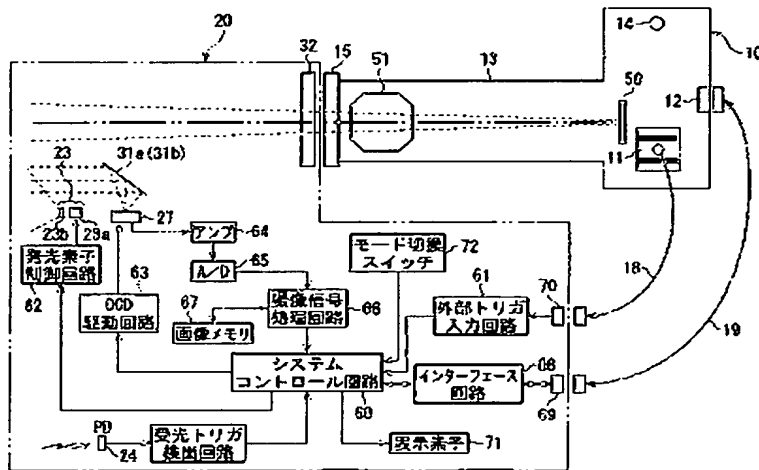
【図3】



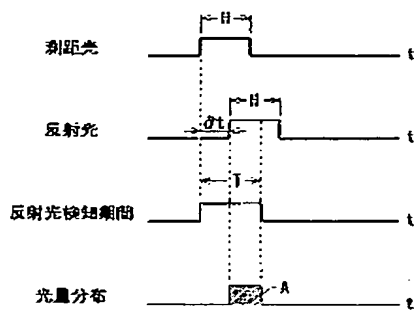
【図6】



【図4】



【図8】



(11)

特開 2 0 0 2 - 1 5 2 7 7 9

(72)発明者 谷 信博
東京都板橋区前野町 2 丁目 35 番 9 号 旭光
学工業株式会社内

(72)発明者 山本 浩
東京都板橋区前野町 2 丁目 35 番 9 号 旭光
学工業株式会社内

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 BB05 DD06 FF05
FF12 GG04 GG08 JJ03 JJ05
JJ18 JJ26 LL12 NN02 QQ03
QQ24 QQ31 QQ38 SS13
2F112 AC06 AD01 BA05 CA08 DA32
DA40 EA11 FA03 FA07 FA21
FA29 FA38 FA45
2H020 FA00 FB03 FC06
2H054 AA01 BB02 BB05 BB07 BB08
BB11 CD00
2H059 AA07 AA18
2H101 EE01 EE31 EE37 EE51 FF01
FF02 FF09
2H104 AA01 AA16 CC09 CC12
5B047 AA07 BB04 BC05 BC09
5B057 AA20 BA02 BA15 CA12 CA16
CB13 CB16
5C022 AA13 AB00 AB68 AC54 AC59
AC77
5C061 AB04 AB08 AB24
5L096 AA09 CA04 FA56 HA01